

Luft im Grundwasser – kein Störfaktor mehr

Verbesserte Grundlagen zur Rekonstruktion des Eiszeitklimas

Von Werner Aeschbach-Hertig*

Wenn Grundwasser in den Boden eindringt, werden in den Bodenporen kleine Luftblasen eingeschlossen, die das weitere Versickern des Wassers stark behindern können. Dieses «entrapped air» genannte Phänomen ist schon lange bekannt, nicht jedoch, auf welche Art und Weise die Bläschen allmählich wieder verschwinden. Die Annahme, dass zumindest ein Teil der eingeschlossenen Luft im Wasser in Lösung geht, wurde nie direkt experimentell überprüft. Auf der anderen Seite haben Forscher, die gewisse im Grundwasser gelöste Gase analysieren, längst bemerkt, dass diese Gase stets im Überschuss vorkommen. Das heisst, im Grundwasser sind mehr atmosphärische Gase gelöst, als man eigentlich auf Grund des Lösungsgleichgewichts erwarten würde. Der Überschuss, die sogenannte «excess air», wird allgemein auf die Auflösung kleiner eingeschlossener Blasen zurückgeführt; aber auch diese These wurde nie wirklich überprüft. «Entrapped air» und «excess air» wurden in den jeweiligen Forschungsgebieten eher als störende Randerscheinungen empfunden, für die sich niemand besonders interessierte und die vor allem nie quantitativ miteinander in Beziehung gebracht wurden.

Dies änderte sich in den letzten Jahren dank einer Anwendung, die einige wissenschaftliche Bedeutung erlangte: die Klimarekonstruktion auf Grund von Edelgaskonzentrationen im Grundwasser. Die Methode beruht auf der Tatsache, dass die Löslichkeit von Edelgasen im Wasser von der Temperatur abhängt. Wenn also Wasser in den Boden infiltriert, stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den Edelgasgehalten in der Luft und jenen im Wasser ein, das die Bodentemperatur und damit näherungsweise die mittlere Jahrestemperatur im Infiltrationsgebiet widerspiegelt. Da manche Grundwasserleiter viele Jahrtausende altes Wasser enthalten, kann also im Prinzip aus der Messung der Edelgaskonzentrationen auf die Temperaturen in der Vergangenheit geschlossen werden. Die Methode hat allerdings einen Haken: Die gemessenen Gasgehalte entsprechen nicht dem Lösungsgleichgewicht, sondern sind durch «excess air» erhöht. Um korrekte Temperaturen zu bestimmen, ist es daher notwendig, den Beitrag der «excess air» zu korrigieren. Lange Zeit

erfolgte dies unter der simplen Annahme, dass die «excess air» in ihrer Zusammensetzung der atmosphärischen Luft entspricht.

Die Methode mit den Edelgastemperaturen erregte einiges Aufsehen, als 1995 eine amerikanische Gruppe eine Studie¹ veröffentlichte, nach der es im tropischen Brasilien während der Eiszeit 5 °C kälter als heute gewesen sein soll. Diese Arbeit gilt seither als einer der wichtigsten Hinweise darauf, dass die Tropen in der Eiszeit wesentlich kälter waren. Die Kontroverse um das eiszeitliche Klima in den Tropen und Subtropen ist noch immer nicht ganz entschieden. Für das Verständnis des Klimasystems der Erde und für die Vorhersage künftiger Klimaänderungen hat diese Frage jedoch grosse Bedeutung, unter anderem weil die wärmsten Gebiete der Erde den Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf, dem wichtigsten Treibhausgas, steuern.

Während sich die meisten Forscher nur für das Schlussresultat – 5 °C Temperaturdifferenz – interessierten, sorgten sich die Experten der Edelgasmethode um einen anderen Punkt: Ausgerechnet in dieser bisher wichtigsten Edelgasstudie mussten die Autoren eingestehen, dass die Korrektur der «excess air» als reiner Luft nicht zu befriedigenden Resultaten führte. Die Forscher postulierten daher ein neues Modell, wie sich die Zusammensetzung der «excess air» gegenüber der Atmosphäre verändert haben soll. Dieses Modell schien ausreichend, bis im letzten Jahr eine mathematisch strengere Analyse der Daten aus Brasilien veröffentlicht wurde. Plötzlich schienen das Resultat aus Brasilien und vielleicht sogar die gesamte Edelgasmethode in Frage gestellt.

Unserer Arbeitsgruppe an der Eawag und der ETH Zürich ist es nun gelungen, diese Schwierigkeit zu überwinden. Der Schlüssel zur Lösung lag in einer differenzierteren Analyse der Beziehung zwischen den Phänomenen «entrapped air» und «excess air». Es zeigte sich, dass die in verschiedenen Grundwässern gemessenen Edelgasdaten mit einem Modell erklärt werden können, wonach «excess air» das Resultat eines Gleichgewichtes zwischen dem Grundwasser und der «entrapped air» ist. Gemäss diesem Modell² liegt die Zusammensetzung der «excess air» zwischen derjenigen

der Luft und jener der im Gleichgewicht mit der freien Atmosphäre gelösten Gase. Damit gelang es nicht nur, das klassische Resultat aus Brasilien zu retten, sondern auch weitere, bisher nicht schlüssig interpretierbare Datensätze auszuwerten. Eine erste erfolgreiche Anwendung der Methode gelang Forschern der Universität Bern.³ Die in Zusammenarbeit mit der Zürcher Gruppe durchgeführte Studie in Oman ergab ebenfalls klare Hinweise auf kalte Temperaturen während der Eiszeit. In diesem Fall scheint der Tempera-

turunterschied gegenüber dem heutigen Klima sogar gegen 7 °C betragen zu haben. Die neuen Resultate bekräftigen somit die Schlussfolgerung, dass auch tropische Breitengrade von der eiszeitlichen Abkühlung deutlich betroffen waren.

* Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) in Dübendorf.

Quellen: ¹ Science 269, 379–383 (1995); ² Nature 405, 1040–1044 (2000); ³ Science 287, 842–845 (2000).